

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 5 7 9 2 9

(43) 公開日 平成11年(1999)6月15日

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

F I

C 0 4 B 35/49

C 0 4 B 35/49

T

H 0 1 L 41/187

H 0 2 N 2/00

B

H 0 2 N 2/00

H 0 1 L 41/18 1 0 1 D

審査請求

有

請求項の数 5

O L

(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-327701

(71) 出願人 000239736

トーキンセラミクス株式会社

兵庫県宍粟郡山崎町須賀沢231番地

(22) 出願日 平成9年(1997)11月28日

(72) 発明者 ▲高▼坂 秀明

兵庫県宍粟郡山崎町須賀沢231番地 兵庫

日本電気株式会社内

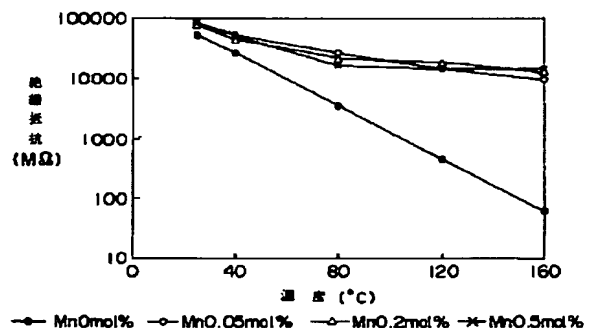
(74) 代理人 弁理士 後藤 洋介 (外1名)

(54) 【発明の名称】 電歪素子材料及びその製造方法、並びにその電歪素子材料を用いた圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 圧電アクチュエータの圧電素子材料であって、温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性を改善し得る電歪素子材料を提供すること。

【解決手段】 この電歪素子材料は、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示されるジルコン酸チタン酸鉛系組成物に Mn が $0.01\sim0.5$ [mol%] の添加量範囲で含有されるように $MnCO_3$ を添加して製造されるものである。このような添加量範囲で Mn をジルコン酸チタン酸鉛系組成物に添加することにより、温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性を改善できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示される電歪素子材料に Mn を $0.01\sim0.5$ [mol %] 含有させたことを特徴とする電歪素子材料。

【請求項2】 化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示される電歪素子材料の製造方法であって、前記電歪素子材料に Mn が $0.01\sim0.5$ [mol %] の添加量範囲で含有されるように $MnCO_3$ を添加する工程を含むことを特徴とする電歪素子材料の製造方法。

【請求項3】 請求項1記載の電歪素子材料を使用した電歪素子板を少なくとも1枚用いて成ることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項4】 請求項1記載の電歪素子材料を使用した電歪素子板の少なくとも1枚と金属板の少なくとも1枚とを一体化して成ることを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項5】 請求項4記載の圧電アクチュエータを金属電極層として用いると共に、複数のセラミック板間に該金属電極層を介在させて積層して成ることを特徴とする積層圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、主としてジルコン酸チタン酸鉛系組成物による電歪素子材料及びその製造方法、並びにその電歪素子材料を用いて作製されると共に、電気的エネルギーを変位量又は発生力として使用する圧電アクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、圧電素子材料としての電歪素子材料には、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ で示されるジルコン酸チタン酸鉛系組成物が用いられている。このジルコン酸チタン酸鉛系組成物は製造に際して温度上昇に伴って絶縁抵抗の低下が大きくなる特性を有することが知られている。

【0003】 そこで、こうした電歪素子材料を使用した電歪素子板を単独で用いたり、或いは1枚以上の電歪素子板に1枚以上の金属板を一体化させて作製される圧電アクチュエータ（例えば電歪素子単体、ユニモルフ、バイモルフ、マルチモルフ等が挙げられる）や、複数のセラミック板間に金属電極層を介在させて積層して作製される積層圧電アクチュエータであって、且つ上述した金属板を含む圧電アクチュエータを金属電極層として用いた構成のものでは、駆動の際に所定の変位量を確保するため、印加電圧の増加や駆動回路の抵抗値の調整を行っ

て絶縁抵抗の低下を補償している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した圧電アクチュエータや積層圧電アクチュエータの圧電素子材料である電歪素子材料の場合、製造に際して温度上昇に伴って絶縁抵抗の低下が大きくなるという特性を改善し難く、アクチュエータとして用いるときには温度上昇に従って駆動回路中のアクチュエータと直列な抵抗での電圧降下が増大し、アクチュエータに所定の電圧が印加されなくなつて所定の変位量が得られなくなるため、印加電圧を温度上昇に伴って増加させるようにしたり、或いは最大使用温度での絶縁抵抗より3桁以上低い値の抵抗をアクチュエータに接続し、直列抵抗での電圧降下が無視できるように駆動回路の抵抗値を調整して絶縁抵抗低下の特性を補償しなければならないが、こうした処置はアクチュエータ自体の質的向上とは無関係なものであつて、不合理で煩雑なものとなっている。

【0005】 本発明は、このような問題点を解決すべくなされたもので、その技術的課題は、温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性を改善し得る電歪素子材料及びその製造方法、並びにその電歪素子材料を用いた圧電アクチュエータを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示される電歪素子材料であって、Mn を $0.01\sim0.5$ [mol %] 含有した電歪素子材料が得られる。

【0007】 一方、本発明によれば、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示される電歪素子材料の製造方法であって、電歪素子材料に Mn が $0.01\sim0.5$ [mol %] の添加量範囲で含有されるように $MnCO_3$ を添加する工程を含む電歪素子材料の製造方法が得られる。

【0008】 他方、本発明によれば、上記電歪素子材料を使用した電歪素子板を少なくとも1枚用いて成る圧電アクチュエータや、或いは上記電歪素子材料を使用した電歪素子板の少なくとも1枚と金属板の少なくとも1枚とを一体化して成る圧電アクチュエータが得られる。

【0009】 更に、本発明によれば、上記後者の圧電アクチュエータを金属電極層として用いると共に、複数のセラミック板間に該金属電極層を介在させて積層して成る積層圧電アクチュエータが得られる。

【0010】

【作用】 本発明は、電歪素子材料としての化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ で示さ

れるジルコン酸チタン酸鉛系組成物にMnを適量添加することで温度上昇に伴って絶縁抵抗値が大きく低下するのを抑制できることを見出したものである。この電歪素子材料を用いて作製される圧電アクチュエータでは、温度上昇に伴う印加電圧の増加や駆動回路の抵抗値の調整による絶縁抵抗低下の補償に際しての制約が大幅に改善される。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に発明の実施の形態として、本発明の電歪素子材料及びその製造方法、並びに電歪素子材料を用いた圧電アクチュエータについて、図面を参照して詳細に説明する。

【0012】最初に、本発明の電歪素子材料及びその製造方法の概要について、簡単に説明する。この電歪素子材料は、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示されるジルコン酸チタン酸鉛系組成物にMnを $0.01\sim0.5$ [mol %] 含有させたものである。

【0013】このような電歪素子材料を製造する場合、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ (但し $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ とする) で示される電歪素子材料にMnが $0.01\sim0.5$ [mol %] の添加量範囲で含有されるように $MnCO_3$ を添加する工程を実施すれば良い。

【0014】図1は、本発明の実施例に係る電歪素子材料の特性を説明するために $MnCO_3$ のMnの添加量を変えた場合の比較例を含む各試料1～4における絶縁抵抗 (MΩ) の温度 (°C) 特性を示したものである。但し、ここでは、各試料1～4について、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ で示されるジルコン酸チタン酸鉛系組成物の電歪素子材料を製造する際、それぞれMnの添加量が 0 mol \% , 0.05 mol \% , 0.2 mol \% , 0.5 mol \% となるように $MnCO_3$ を秤量し、製造時に電歪素子材料の原材料に添加することにより、口径φが15mmで、厚さtが1mmの電歪素子板として作製した場合の特性について示している。尚、 $MnCO_3$ は空気中において安定化しているため、 $MnCO_3$ の添加によってMn添加を行っている。

【0015】図1からは、温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性のMn添加量を 0 mol \% とした比較例の試料1のものに比べ、Mn添加量をそれぞれ 0.05 mol \% , 0.2 mol \% , 0.5 mol \% とした実施例の各試料2～4のものは温度上昇に伴う絶縁抵抗の低下を抑制できて特性が改善されていることが判る。

【0016】即ち、ここでは $25\sim160$ [°C] の範囲において、Mn添加量を 0 mol \% とした比較例の試料

1のものは絶縁抵抗が3桁低下するのに対し、Mn添加量をそれぞれ 0.05 mol \% , 0.2 mol \% , 0.5 mol \% とした実施例の各試料2～4のものは $0.05\sim0.5$ [mol %] の範囲ではその添加量に拘らず絶縁抵抗が1桁以内の低下となっており、Mn添加によって絶縁抵抗の温度特性が顕著に改善されていることが判る。

【0017】図2は、図1で説明した各試料1～4の圧電定数変化率 (%) のMn添加量特性 (圧電特性) を示したものである。但し、ここでは常温 25°C 条件下でMn添加量を 0 mol \% とした比較例の試料1の圧電定数変化率を 100 としたときの各試料2～4の圧電定数変化率の様子を示している。

【0018】図2からは、圧電特性を示す圧電定数dの変化率を留意すれば、Mn添加量を 0.5 mol \% とした試料4の付近より圧電定数dの変化率の低下が開始されていることにより、Mn添加量は 0.5 mol \% 以下とすることが望ましいことが判る。

【0019】ところで、化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ のジルコン酸チタン酸鉛系組成物に対してMnを $0.01\sim0.5$ [mol %] の添加量範囲で含有させるためには、予め $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ の組成を定量化しておく必要がある。

【0020】図3は、上述した各試料1～4の電歪素子材料である化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ で示されるジルコン酸チタン酸鉛系組成物のMn添加前の主成分組成の範囲を示した相関図である。

【0021】ここでは、3つの主成分 $PbTiO_3$, $PbZrO_3$, $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ を用いて化学組成式 $Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O_3$ のジルコン酸チタン酸鉛系組成物を製造する場合、Mnを $0.01\sim0.5$ [mol %] の添加量範囲で含有可能にするためには、斜線部で示される部分に対応するように各主成分の組成を $a=0.30\sim0.70$, $b=0.2\sim0.6$, $c=0.1\sim0.5$ の範囲とし、且つ $a+b+c=1$ として定量化すれば良いことを示している。

【0022】このような電歪素子材料を使用した電歪素子板を単独で用いたり、或いは1枚以上の電歪素子板に1枚以上の金属板を一体化させて成る圧電アクチュエータを作製し、この圧電アクチュエータを駆動するためには例えば図4に示されるようなアクチュエータ駆動回路を構成すれば良い。このアクチュエータ駆動回路は、電源3に対して $10\text{ M}\Omega$ の抵抗2及び圧電アクチュエータ1を直列接続して閉回路として構成されるものである。

【0023】図5は、各試料1～4により作製した圧電アクチュエータ1を用いて図4に示すアクチュエータ駆動回路を構成して駆動した場合の電圧印加率 (%) の温

度(℃)特性を示したものである。但し、ここでも25℃条件下でMn添加量を0mol%とした比較例の試料1の電圧印加率を100としたときの各試料2~4の電圧印加率の様子を示している。

【0024】図5からは、温度条件25~160[℃]の範囲において、温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性のMn添加量を0mol%とした比較例の試料1のものに比べ、Mn添加量をそれぞれ0.05mol%、0.2mol%、0.5mol%とした実施例の各試料2~4のものはその添加量に拘らず温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性が改善されているため、印加電圧の低下が全く無く、これにより絶縁抵抗低下の補償に際しての制約が大幅に改善されることが判る。

【0025】尚、上述した実施例では、電歪素子材料を使用した電歪素子板を単独で用いたり、或いは1枚以上の電歪素子板に1枚以上の金属板を一体化させて作製した圧電アクチュエータについて説明したが、複数のセラミック板間に金属電極層を介在させて積層して作製される積層圧電アクチュエータに適用させた場合、即ち、上述した金属板を含む圧電アクチュエータを金属電極層として用いた構成の積層圧電アクチュエータの場合にも同等の効果が得られる。

【0026】

【発明の効果】以上に説明した通り、本発明によれば、既存の電歪素子材料であるジルコン酸チタン酸鉛系組成物にMnを適量添加させることにより、温度上昇に伴って絶縁抵抗が低下する特性を改善しているので、このよ

うな電歪素子材料を用いて作製される圧電アクチュエータや積層圧電アクチュエータでは、温度上昇に伴う印加電圧の増加や駆動回路の抵抗値の調整による絶縁抵抗低下の補償に際しての制約が大幅に改善されるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る電歪素子材料の特性を説明するためにMnCO₃のMnの添加量を変えた場合の比較例を含む各試料における絶縁抵抗の温度特性を示したものである。

【図2】図1で説明した各試料の圧電定数変化率のMn添加量特性(圧電特性)を示したものである。

【図3】図1で説明した各試料の電歪素子材料である化学組成式Pb[(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_aTi_bZr_c]O₃で示されるジルコン酸チタン酸鉛系組成物のMn添加前の主成分組成の範囲を示した相關図である。

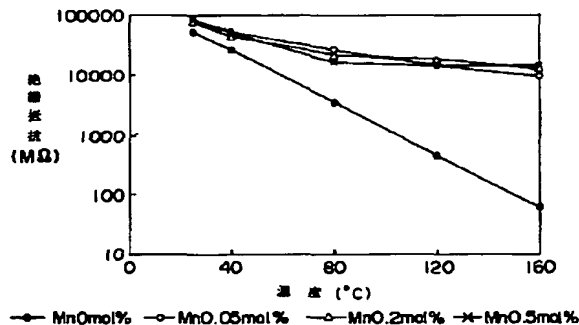
【図4】図1で説明した各試料を用いて作製した圧電アクチュエータを用いて構成されるアクチュエータ駆動回路を例示したものである。

【図5】図1で説明した各試料により作製した圧電アクチュエータを用いて図4に示すアクチュエータ駆動回路を構成して駆動した場合の電圧印加率の温度特性を示したものである。

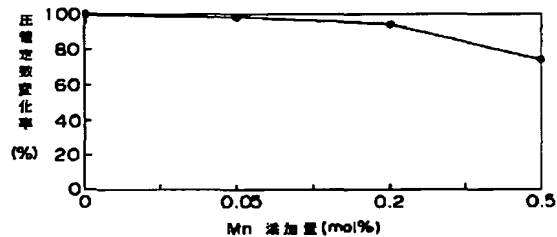
【符号の説明】

- 1 圧電アクチュエータ
- 2 抵抗
- 3 電源

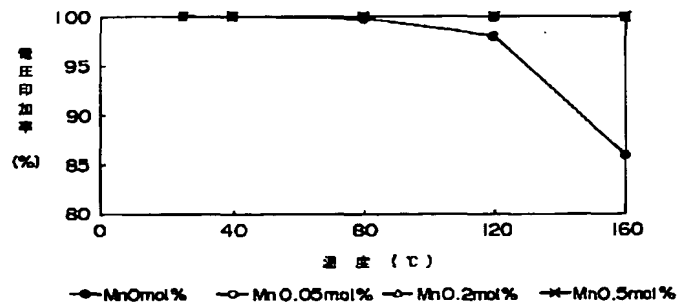
【図1】



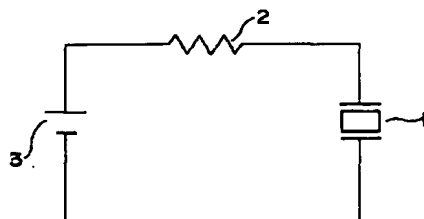
【図2】



【図5】



【図4】



【図 3】

